DOI: 10.22067/jfcei.2022.75645.1127
https://civil-ferdowsi.um.ac.ir/

بررسی رابطه خصوصیات هندسی خودروها و تراکم ترافیک*

حسن خاکسار [۱]　　حسین بهارزاده [۲]　　الهام اشرفی [۳]

چکیده *شناسایی پارامترهای مؤثر بر تراکم جریان ترافیک می‌تواند در تصمیم‌سازی و سیاست‌گذاری‌های مدیران در جهت سرمایه‌گزاری و اولویت‌بندی طرح‌ها و پروژه‌های اجرایی مؤثر باشد. در این مقاله به شناسایی تأثیرات مشخصات خودرو بر تراکم ترافیک در شبکه معابر بزرگراهی شهر تهران پرداخته شده‌است. جزئیات هندسی و مشخصات حرکتی خودروها می‌تواند بر کیفیت ترافیک مؤثر باشد. این موضوع در معابر بزرگراهی و شریانی که پارامترهای دیگر نظیر تأخیر و توقف ناشی از تقاطع‌ها و تداخل‌ها کمتر است تعیین‌کننده‌تر است. پژوهش حاضر از نوع هدف از نوع تحقیقات کاربردی محسوب می‌شود و از لحاظ جمع‌آوری داده‌ها تحقیقی پیمایشی است. روش تجزیه و تحلیل داده‌های پژوهش به‌صورت کمی است و برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از مدل‌های آماری استفاده شده‌است. در این پژوهش رابطه‌ی جزئیات و خصوصیات هندسی خودروها و تراکم ترافیک مورد بررسی قرار گرفته‌است. مطالعه موردی این پژوهش مقطعی از بزرگراه همت بوده‌است. بر اساس خروجی‌های مطالعه انجام‌شده، نسبت طول مقطع به طول خودرو، مدت زمان عبور، سرعت خودرو و تعداد عبور خودروها بیشترین تأثیر را بر تراکم خودروها داشته‌اند.*

واژه‌های کلیدی تراکم ترافیک، بزرگراه، حجم تردد، مشخصات هندسی، خودروی سواری.

مقدمه

همراه با روند سریع صنعتی شدن در جهان اکثر کشورها علی‌الخصوص کشورهای در حال توسعه در حال تجربه رشد سریع شهر نشینی هستند. حمل‌ونقل، مصرف کننده بیش از ۲۰ درصد کل انرژی و عامل ایجاد بخش عمده آلودگی هوا در سطح جهان است. هم‌چنان که شاهد هستیم مردم هر روز بیش از پیش به استفاده از اتومبیل شخصی وابسته می گردند. مشکلات زیست‌محیطی و صدمات وارده بر سلامت انسانی به‌دلیل رشد سریع حمل‌ونقل موتوری و روند ضعیف قانونمندی آن به‌طور جدی مشکل‌آفرین شده‌است. اغلب طرح‌های ترافیک و حمل‌ونقل شهری کشور به‌صورت بخشی و مستقل از واقعیات محیطی، اجتماعی، فرهنگی و اقتصادی تهیه و اجرا می‌گردند. هدف این است که با ارائه تسهیلات و تجهیزات فنی و تکنولوژیکی و به‌ویژه مدل‌سازی، مسائل و مشکلاتی چون راه‌بندان‌ها، تصادفات، کمبودهای پارکینگ، زمان‌های طولانی انتظار، کمبود شبکه ارتباطی، آلودگی هوا، صدا و نظایر آن کاهش یابد. گرچه این برخورد با به‌کارگیری روش‌ها و مدل‌های پیشرفته ترافیکی می‌تواند در کوتاه‌مدت رضایت بخشی از عموم به‌ویژه رضایت مسئولان سیاسی را تأمین کند لیکن به‌علت ارتباط سیستمی عناصر و پدیده‌های شهری در بلند مدت منشأ بروز مسائل و مشکلات دیگری می‌گردد. وجود تراکم ترافیکی بسیار زیاد در کلان‌شهر تهران و نبود تناسب بین تعداد خودروهای موجود و ظرفیت معابر درون‌شهری از مشکلات موجود برای این شهر می‌باشد. بزرگراه همت به‌عنوان یکی از شریان‌های اصلی شرقی- غربی شهر تهران می‌باشد که مشکلات تراکم ترافیک و اتلاف زمان شهروندان در ترافیک در ساعات اوج عبور و مرور با توجه به به‌کار بستن شیوه‌های مختلف کاهش تراکم ترافیک از جمله جنبه‌های مهم و از عمده مشکلات مدیریت شهری تهران می‌باشد. بنابراین می‌توان گفت بررسی اثر بخشی شیوه‌های کاهش تراکم ترافیک، یکی از مواردی است که در سال‌های اخیر، به آن توجه بسیار شده‌است اما بخش‌های مختلفی از آن کماکان ناشناخته باقی مانده‌است. بر اساس جستجوهای انجام شده در ادبیات موضوع پارامترهای مختلفی مانند حجم ترافیک، جزئیات هندسی معبر و مشخصات کلی خودروها (طول و عرض خودرو)

* تاریخ دریافت مقاله ۱٤۰۰/۱۲/۱٤ و تاریخ پذیرش آن ۱٤۰۱/۲/۱۹می‌باشد.
(۱) نویسنده مسئول: استادیار گروه مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال.　**Email**: h.khaksar@iau-tnb.ac.ir
(۲) دانش آموخته کارشناسی ارشد برنامه‌ریزی حمل‌ونقل، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال
(۳) دانشجوی کارشناسی ارشد طراحی شهری، دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)

و اثرات آن‌ها بر خصوصیات جریان ترافیک مطالعاتی انجام شده‌است اما یکی از موضوعاتی که کمتر به آن پرداخته شده‌است اثرات هندسه و جزئیات خودرو بر تراکم ترافیک معبر است. لذا در پژوهش حاضر به شناسایی اثرات مشخصات خودروها بر وضعیت تراکم ترافیکی پرداخته می‌شود. با تعیین این اثرات می‌توان به ارائه راهکارهایی برای کاهش تراکم ترافیکی خودروها پرداخت.

اهداف پژوهش

هدف اصلی در این مقاله مطالعه عوامل مؤثر برکاهش ترافیک در بزرگراه شهید همت شهر تهران است. تمرکز اصلی مطالعات حاضر بر مقوله اثرات نوع و ابعاد خودروها بر تراکم ترافیک است که پیش از این کمتر به این مقوله پرداخته شده‌است. سایر اهداف این مطالعه عبارت‌اند از:

- تبیین تأثیر نسبت طول مقطع به طول خودرو بر تراکم خودرو در هر متر از طول معبر.
- تبیین تأثیر مدت زمان عبور خودرو بر تراکم خودرو در هر متر از طول معبر.
- تبیین تأثیر سرعت خودروها بر تراکم خودرو در هر متر از طول معبر.
- تبیین تأثیر تعداد عبور خودروها بر تراکم خودرو در هر متر از طول.

پیشینه موضوعی

ترافیک پدیده‌ای است حاصل از ارتباط سه‌گانه بین انسان، راه و وسیله نقلیه. ویژگی‌ها و کیفیت عملکرد هر کدام از این سه عامل نقش تعیین‌کننده‌ای در کیفیت نهایی ترافیک در هر زمان دارد[1]. شبکه ترافیک شهری سه عملکرد اصلی را بر عهده دارد: ۱) عملکرد ارتباطی، ۲) جمع و پخش کننده و ۳) توقف و پارک [2].

ترافیک یک واژه شناخته شده بین‌المللی است و در قوانین به مجموعه عبور و مرور وسیله نقلیه و اشخاص و حیوانات در راه‌ها اطلاق می‌گردد. ترافیک از سه عامل تشکیل می‌شود این عوامل عبارتند از انسان، راه، وسیله نقلیه. چنان‌چه هر یک از عوامل سه گانه نباشد اصولاً مسئله‌ای به نام ترافیک وجود نخواهد داشت. برهم خوردن تعادل در ترافیک شهری به عدم هماهنگی میان این سه فاکتور در راه‌های شهری مربوط می‌شود، که این عدم هماهنگی می‌تواند به عوامل و شرایط مختلفی مربوط باشد؛ از جمله عدم هماهنگی بین ظرفیت راه و تعداد وسیله نقلیه، عدم هماهنگی بین شرایط راه و نوع وسیله نقلیه، عدم هماهنگی بین زمان و تعداد استفاده‌کنندگان از وسیله نقلیه، عدم هماهنگی بین تقاضای استفاده‌کنندگان از وسیله نقلیه خاص و شرایط مکانی و زمانی. در واقع هرگونه برهم خوردن تعادل بین سه عامل فوق باعث ایجاد معضل ترافیک می‌شود[3]. حمیدی و فیروزه [4] در تحقیقی به ارائه مدلی برای مدیریت یکپارچه حمل‌ونقل و ترافیک شهری در بجنورد پرداختند. روش تحقیق فوق توصیفی- پیمایشی است که بر اساس آن شاخص‌ها و مؤلفه‌های مؤثر بر ترافیک شناسایی شده و پس از توسعه مدل اولیه با روش استقرایی، مفاهیم و فرضیه‌های تازه‌ای تدوین گردیده و بر مبنای آن‌ها مدل تکمیل و با داده‌های واقعی آزمایش شده‌است. بر اساس خروجی‌های مطالعه مذکور، عوامل مؤثر بر ترافیک عبارت است از: مدیریت سفرهای شهری، مدیریت پارکینگ‌ها، مدیریت ناوگانی و شبکه حمل‌ونقل عمومی، مدیریت فرهنگ‌سازی ترافیک، مدیریت شهرسازی، مدیریت اورژانس‌ها، مدیریت شبکه ترافیک، مدیریت استانداردسازی، نصب و نگه‌داری خدمات ترافیکی، مدیریت مکانیزه ترافیک، مدیریت مهندسی ترافیک، مدیریت تحقیق و توسعه.

آرمین[5] پژوهشی با هدف ارائه روش‌هایی در جهت ساماندهی وضعیت ترافیک در شهر الشتر انجام دادند، روش تحقیق در این پژوهش باتوجه به نوع هدف، توسعه‌ای- کاربردی و از نظر ماهیت و روش، از نوع تحقیقات توصیفی- تحلیلی و میدانی است. جمع‌آوری اطلاعات به دو صورت مشاهدات (مسقیم و غیرمستقیم) می‌باشد. تجزیه و تحلیل داده‌ها بااستفاده از نرم‌افزار SPSS با حجم نمونه ۳۸۳ نفر و براساس (آزمون کولموگروف- اسمیرنوف، آزمون تی تک نمونه‌ای) می‌باشد. نتیجه حاصل از مقاله فوق نشان می‌دهد که بین هر سه متغیر مورد بررسی در ساماندهی مشکلات ترافیکی محدوده بخش مرکزی شهر، رابطه معناداری وجود دارد. به این معنا که بالا رفتن سطح هر از یک از متغیرهای مورد بررسی، باعث ساماندهی و بهبود مشکلات ترافیکی در سطح شهر الشتر خواهد شد.

سیاف زاده و پولادوند [6] در مقاله‌ای به روش کتابخانه‌ای و میدانی به بررسی نقش توسعه بزرگراه‌ها در کاهش تراکم جمعیت در شهرهای مرکزی پرداختند که با مقایسه الگوهای حمل‌ونقل در شهرهای جهان، علل افزایش جمعیت و مهاجرت به کلان‌شهرها و رشد حمل‌ونقل و ترافیک شهری و هزینه‌های متعاقب آن، به بررسی حوزه نفوذ کلان‌شهر تهران و ارائه آمارهای حجم مسافر و تعداد وسایل نقلیه ورودی و خروجی به تهران پرداخته‌است و با مطالعه موردی اتوبان همت، محور تهران– کرج به این نتیجه رسیده‌است که تکمیل و توسعه بزرگراه همت در کنار سیاست‌هایی اعم از تمرکززدایی از پایتخت و توسعه حمل‌ونقل عمومی، رفع گره‌های ترافیکی و یا به‌کارگیری شیوه‌های نوین حمل‌ونقلی اعم از خطوط وسایل نقلیه با ظرفیت بالا در بزرگراه‌ها، می‌تواند در حومه‌نشینی جمعیت و در نتیجه کاهش تراکم جمعیت تهران تأثیر داشته باشد.

گاو و همکاران [7] در تحقیقی به بررسی تخلفات پارک دوبله در محله مانهاتان نیویورک پرداختند. آن‌ها سعی کردند تا رابطه‌ای بین تخلفات و متغیرهای اقتصادی و اجتماعی منطقه برقرار نمایند. تحقیقات آن‌ها نشان داد که رابطه معنا داری بین تعداد تخلفات پارک دوبله و کاربریهای خیابان‌های محل تخلف وجود دارد. هم‌چنین میزان نزدیکی به مراکز پلیس و تراکم حضور پارکبان‌ها در تعداد تخلفات مؤثر است [۷].

موریلو کاربونل و کامپوس کاچدا [8] به بررسی تأثیر پارکینگ غیر مجاز وسایل نقلیه بر زمان سفر در شبکه حمل‌ونقل پرداختند. آن‌ها با استفاده از شبیه‌ساز خرد ترافیک چند سناریو تعریف کردند. در بعضی سناریوها فرض کردند که در تمام خیابان‌های یک شبکه از خیابان‌های شهری، پارک غیر مجاز وسایل نقلیه وجود دارد. در سناریوهای دیگر فرض کردند که تنها در بعضی قسمت‌ها پارک غیر مجاز وجود دارد. نتیجه شبیه‌سازی نشان داد که در سناریوهایی که پارک غیر مجاز در کل شبکه وجود دارد، زمان تأخیر در تمام سفرهای ساکنان شهر افزایش پیدا می‌کند. ولی در سناریوهایی که پارک غیر مجاز تنها در بعضی قسمت‌های شبکه وجود دارد، زمان تأخیر تنها در همان قسمت‌ها افزایش پیدا می‌کند و زمان کل سفرهای ساکنان شهر تغییر چندانی نمی‌کند.

یانگ و همکاران [9] به بررسی تأثیر عبور عابران پیاده بر ظرفیت خیابان‌ها با استفاده از شبیه‌سازهای خرد ترافیک پرداختند. آن‌ها با جمع‌آوری آمار تردد وسایل نقلید و عابران پیاده عبوری از بعضی خیابان‌ها مدلی تهیه کردند که توانست رفتار رانندگان و عابران پیاده را به‌خوبی شبیه‌سازی کند. سپس این مدل با آمار خیابان‌های دیگر مقایسه و اعتبار مدل تهیه‌شده تأیید گردید. آن‌ها نشان دادند که با افزایش نرخ عبور عابران پیاده از عرض خیابان، ظرفیت آن کاهش پیدا می‌کند و این کاهش ظرفیت در زمانی از روز که حجم ترافیک زیاد است، باعث افزایش زمان تأخیر وسایل نقلیه در عبور از آن خیابان‌ها می‌شود.

آلبالاته و فاگدا [10] در مقاله‌ای به بررسی اثرات سیاست‌گذاری و خط‌مشی‌های مدیریت شهری بر تراکم ترافیک شبکه معابر پرداخته‌اند. این پژوهشگران علاوه‌بر موضوع ترافیک به مبحث ایمنی هم پرداخته‌اند و با استفاده از مدل رگرسیون آثار تصمیم‌گیری‌های مدیران شهری بر پارامترهای مختلف ترافیک را مورد بررسی قرار داده‌اند].

لیو و لی [11] به بررسی آثار تغییرات پویا و دینامیک سیستم بر تراکم ترافیک خودروها پرداخته‌اند. در این مقاله به بررسی آثار دینامیک سیستم نوع خودرو نظیر خودروی شخصی، کامیون‌ها و سیستم‌های حمل‌ونقل همگانی بر تراکم و شلوغی تردد در معابر شهری در چین پرداخته‌اند.

نیان و همکاران [12] در پژوهش خود به بررسی آثار فرم و شکل شهر بر سرعت سفر با استفاده از مدل‌های پنل دیتا پرداخته‌اند. هدف از انجام پژوهش فوق تعیین اثرات تراکم کاربری‌ها بر کیفیت جریان ترافیک بوده‌است. نتایج این تحقیق نشان داده‌است: تعداد ایستگاه‌های اتوبوس، تراکم کاربری‌های مسکونی، تراکم کاربری‌های تجاری، تراکم کاربری‌های بهداشتی و درمانی، تراکم کاربری‌های ورزشی و تفریحی و تعداد ورودی و خروجی‌ها به پارکینگ، بیشترین آثار را بر سرعت تردد خودروها داشته‌اند.

بر اساس موارد بیان‌شده در مطالعات پیشین، مطالعات متعددی در زمینه تأثیر پارامترهای مختلف نظیر طرح هندسی، ترکیب خودروها، الگوی تردد و... بر ظرفیت معبر انجام شده‌است، اما کمتر مطالعه‌ای به بررسی اثرات ابعاد خودرو بر ظرفیت معبر پرداخته‌است. در جدول (۱) خلاصه‌ای از مطالعات پیشین در خصوص موضوع مورد بررسی آورده شده‌است.

جدول ۱ خلاصه‌ای از مطالعات پیشین

نام نویسندگان	عنوان	سال انتشار	محل انتشار	مدل و متغیرها
حمیدی و فیروزه	ارائه مدلی برای مدیریت یکپارچه حمل‌ونقل و ترافیک شهری	۱٤۰۰	پنجمین کنفرانس بین المللی چشم‌اندازهای نوین در مدیریت	مدیریت سفر، مدیریت پارکینگ، مدیریت ناوگان و ...
آرمین	راهبردهای ساماندهی ترافیک و برنامه‌ریزی حمل‌ونقل شهری	۱٤۰۰	پنجمین کنفرانس بین المللی مطالعات نوین مهندسی عمران	ارائه مدلی در جهت ساماندهی ترافیک شهر الشتر
سیاف‌زاده و پولادوند	توسعه بزرگراه و نقش آن‌ها در کاهش تراکم جمعیت در شهرهای مرکزی	۱۳۹۷	فصل‌نامه معماری سبز	حجم تردد خودروها، تراکم شهری
Zhao Yang, Yuanyuan Zhang, Renwei Zhu, Xiaofei Ye, Xiaohong Jiang	Impacts of Pedestrians on Capacity and Delay of Major Street Through Traffic at Two-Way Stop-Controlled Intersections	2015	Mathematical Problems in Engineering	تأثیرات عابران پیاده بر ظرفیت
Morillo Carbonell, Carlos1, Cacheda, José Magín	Effect of illegal on street parking on travel times in urban environment	2016	XIICongreso de Ingeniería del Transporte	تأثیرات پارک حاشیه‌ای بر ظرفیت
Gao, J., Xie, K., & Ozbay, K	Exploring the Spatial Dependence and Selection Bias of Double Parking Citations Data	2018	Transportation Research Record	پارک خودرو، زمان توقف خودرو
Albalate, D., Fageda, X	Congestion, road safety, and the effectiveness of public plicies in urban areas	2019	Sustainability	بررسی اثرات سیاست‌های مدیریتی
Liu, X., li, X	Research on Traffic Congestion Based on System Dynamics: The Case of Chongqing, China	2020	Hindawi	بررسی آثار سیستم دینامیک نوع خودرو
Nian, G., Sun, J., Huang	Exploring the effects of urban built environment on road travel speed variability with a spatial panel data model	2021	International journal of Geo- information	بررسی آثار تراکم کاربری شهری بر ترافیک



شکل ۱ فرایند انجام تحقیق

روش تحقیق

تحقیق حاضر از نظر هدف، از نوع تحقیقات کاربردی محسوب می‌شود. هدف تحقیقات کاربردی توسعه دانش کاربردی در یک زمینه خاص است. به عبارت دیگر تحقیقات کاربردی به‌سمت کاربرد عملی دانش هدایت می‌شوند و از لحاظ جمع‌آوری داده‌ها تحقیقی پیمایشی است. هم‌چنین از نظر نحوه تجزیه و تحلیل داده‌ها این تحقیق توصیفی است و از آن جهت که به شناخت بیشتر شرایط موجود و یاری دادن به فرایند تصمیم‌گیری می‌انجامد از نوع هم‌بستگی است و میزان وابستگی متغیر وابسته و متغیر مستقل را نسبت‌به هم بررسی می‌کند. مهم‌ترین ویژگی یک پژوهش و بررسی علمی فرایند پژوهش و به عبارت دیگر نحوه گرداوری و تجزیه و تحلیل و پردازش داده‌ها می‌باشد. به‌طور کلی فرایند پژوهش شامل مجموعه‌ای از شیوه‌ها و تدابیری است که برای شناخت حقیقت و دوری از لغزش به‌کار برده می‌شود. این پژوهش از هشت گام اجرایی تشکیل شده‌است که در شکل (۱) نمایش داده شده‌است.

بزرگراه شهید همت یکی از بزرگراه‌های تهران است که معمولاً از آن با نام بزرگراه همت نام برده می‌شود. این بزرگراه اصلی‌ترین راه ارتباطی شرق به غرب و غرب به شرق تهران است. این بزرگراه به نام شهید محمدابراهیم همت، نام‌گذاری شده‌است و از بزرگراه شهید خرازی در غرب آغاز و به بزرگراه شهید زین‌الدین در شرق تهران منتهی می‌شود. بخشی از این بزرگراه قبل از انقلاب اسلامی ایران ساخته شده اما بخش اصلی و بیشتر آن پس از انقلاب احداث و راه‌اندازی شد. امتداد این بزرگراه به طول ۲۰ کیلومتر از انتهای اتوبان همت در منطقه ۲۲ شروع می‌شود و تا ابتدای کرج ادامه دارد.

در این مطالعه زمان تردد خودروها در بزرگراه همت به ۱۰ مقطع زمانی دسته‌بندی می‌شود:

- از دقایق پایانی ساعت ۲٤:۰۰ روز قبل تا ۷ صبح روز جاری: در این مقطع، نوع ترافیک به شرایط عمومی و عادی محور همت و رفتار استفاده‌کنندگان نزدیک است و از حالت شغلی خارج شده‌است.
- از ساعت ۷ تا ۸ صبح: ترافیک در بخش همت به غرب و همت به شرق ار نوع اداری و و کاری است.
- از ساعت ۸ تا ۹ صبح: بخشی از رفتار اجتماعی شهر و نیازهای عمومی جامعه به ترافیک قبل افزوده شده و آرام‌آرام ترافیک شهر، به تلفیقی از حالات عمومی و مدیریتی گرایش پیدا می‌کند.
- از ساعت ۹ تا ۱۱:۳۰: بخش قابل توجهی از مشاغل مدیریتی به‌علاوه نیازهای عادی و روزمره جامعه مستتر در این ترافیک است.
- از ساعت ۱۱:۳۰ تا قبل از ۱۳: ترافیک معابر، ضمن آن‌که از حالت مدیریتی خارج شده‌است به‌تدریج به وضع عادی رفتار جامعه و نیازهای آن برگشته‌است.
- از ساعت ۱۳ تا ۱۵: بخش قابل توجهی از ترافیک عادی و روزانه، کم‌کم به حالت آموزشی مبدل می‌گردد.
- از ساعت ۱۵ تا ۱۸: ترافیک از نوع ساعت بازگشت از کار است که بیشتر از نوع مشاغل کارمندی اداری و نیمه‌مدیریتی است.
- از ساعت ۱۸ تا ۲۰: ترافیک مدیریتی بازگشت مدیران به افزایش ترافیک نیازهای اجتماعی شهروندان.
- از ساعت ۲۰ تا ۲۱:۳۰: نوع ترافیک از شرایط کاری به‌تدریج خارج و به شرایط پاسخ‌گویی به نیاز اجتماعی تبدیل می‌گردد.
- از ساعت ۲۱:۳۰ تا ۲٤: نوع ترافیک کاملاً منطبق با نیاز اجتماعی شهروندان است و یک‌نواختی در تمام محدوده‌های این محور بدون گزارش شدت و تراکم ترافیک قابل مشاهده است.

مدل مفهومی پژوهش

در این بخش از مقاله به ارائه مدل مفهومی پژوهش پرداخته شده‌است. مدل‌های رگرسیون یکی از مدل‌های پرکاربرد در پیش‌بینی روابط بین متغیرها هستند که توانایی تعیین ارتباط بین متغیرهای وابسته و مستقل را دارا هستند. در این مقاله متغیر وابسته تراکم خودروها در هر متر طول از معبر هستند. متغیرهای مستقل مختلفی در فرایند مدل‌سازی این پژوهش مورد بررسی قرار گرفت. تعدادی از این متغیرها عبارتند از

طول خودرو، زمان عبور خودرو، سرعت تردد خودرو و حجم خودروها. بر این اساس مدل‌های مختلفی ساخته و صحت‌سنجی شد که در بخش بعدی مقاله به تفصیل در این خصوص صحبت شده‌است. برای کالیبره کردن مدل آزمون‌های آماری مختلفی کنترل شده‌است.از این آزمون‌ها برای صحت‌سنجی مدل پیشنهادی استفاده شده‌است. در ادامه اجزای مدل پیشنهادی و نحوه بسط و توسعه آن تشریح خواهد شد.

مدل رگرسیونی پژوهش حاضر به‌صورت زیر خواهد بود.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4$$

Y: تراکم خودرو در هر متر از طول معبر (متغیر وابسته)

X_1: نسبت نسبت طول مقطع به طول خودرو (متغیر مستقل)

X_2: مدت زمان عبور خودرو بر حسب ثانیه (متغیر مستقل)

X_3: سرعت خودروها بر حسب کیلومتر بر ثانیه (متغیر مستقل)

X_4: تعداد عبور خودروها (متغیر مستقل)

آمار توصیفی

روش تجزیه و تحلیل داده‌های پژوهش به‌روش کمی است و برای تجزیه و تحلیل داده‌های جمع‌آوری‌شده از نرم‌افزار تحلیل آماری SPSS استفاده خواهد شد. یافته‌های حاصل از آزمون فرضیه‌های پژوهش، آمار استنباطی را تشکیل می‌دهند. در این پژوهش، آمار استنباطی دارای دو مرحله است. در مرحله اول، رابطه بین متغیرهای پژوهش از طریق آزمون هم‌بستگی پیرسون سنجیده می‌شود و در مرحله دوم برای هریک از فرضیه‌های پژوهش، تحلیل رگرسیونی انجام خواهد شد. هم‌چنین از آزمون کلموگروف- اسمیرنف به‌منظور بررسی نرمال بودن متغیرهای پژوهش استفاده خواهد شد. فرض صفر و فرض مقابل برای این آزمون به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

H_0: توزیع متغیر مورد بررسی نرمال است.

H_1: توزیع متغیر مورد بررسی نرمال نیست.

این آزمون، بر اساس سطح معناداری به‌دست‌آمده از آزمون است. بدین‌گونه که هرگاه مقدار سطح معناداری کمتر از ۰/۰۵ باشد، فرض H_0 آزمون در سطح اطمینان ۹۵ درصد رد می‌شود و در غیر این صورت فرض H_0 پذیرفته می‌شود. در آزمون نرمال بودن کلموگروف–اسمیرنف، پذیرش H_0، به‌منظور نرمال بودن توزیع متغیر مورد بررسی است.

با توجه به نرمال بودن متغیرها، برای آزمون فرضیه‌ها می‌توان از آزمون هم‌بستگی پیرسون یا اسپیرمن استفاده کرد. فرضیه‌های آزمون هم‌بستگی به شرح زیر است:

H_0: دو متغیر، از هم مستقل هستند.

H_1: دو متغیر، از هم مستقل نیستند.

در این آزمون، رد H_0، به‌معنی رد معناداری رابطه بین دو متغیر است.

در نهایت به‌منظور بررسی تأثیر هم‌زمان متغیرهای مستقل بر متغیر وابسته و نیز پیش‌بینی متغیر وابسته از طریق متغیرهای مستقل، از تحلیل رگرسیونی چندمتغیره استفاده می‌شود. در این مدل ε خطای تصادفی است که برای کامل شدن مدل و نشان دادن خطا در نظر گرفته می‌شود. با استفاده از تحلیل رگرسیونی خطی چندمتغیره، تأثیر متغیرهای مستقل روی متغیر وابسته پژوهش بررسی می‌شود و در نهایت یک مدل رگرسیونی براورد خواهد شد. لازم به ذکر است که میزان اعتبار مدل رگرسیون خطی، به برقراری پیش‌فرض‌های رگرسیون برای برآورد مدل بستگی دارد. مهم‌ترین این پیش‌فرض‌ها عبارتند از نرمال بودن متغیر وابسته، عدم خودهم‌بستگی باقی‌مانده‌ها و عدم وابستگی متغیرهای مستقل به‌هم. برقراری هرکدام از پیش‌فرض‌های ذکر شده، از طریق آزمون‌های به‌ترتیب کلموگروف- اسمیرنف، آزمون دوربین- واتسون و آزمون عامل تورم واریانس (VIF) بررسی می‌شود.

مدل‌سازی و یافته‌های پژوهش

در این پژوهش، تجزیه و تحلیل داده‌ها مشتمل بر یافته‌های استنباطی است. برای تجزیه و تحلیل داده‌های جمع‌آوری‌شده، ابتدا یافته‌های استنباطی و سپس نتایج حاصل از آزمون فرضیات پژوهش را ارائه می‌کنند.

آزمون نرمال بودن کلموگروف- اسمیرنف. در جدول (۲) نتایج آزمون نرمال بودن کلموگروف–اسمیرنف برای همه متغیرهای پژوهش آورده شده‌است. سطح معناداری آزمون برای تمامی متغیرها کوچک‌تر از ۰/۰۵ است پس فرض H_0 آزمون کلموگروف– اسمیرنف تأیید می‌شود و این متغیرها نرمال هستند. بنابراین به‌منظور سنجش ارتباط متغیرها از آزمون هم‌بستگی پیرسون استفاده خواهد شد.

جدول ۲ آزمون نرمال بودن متغیرهای پژوهش

متغیر		مقدار آماره	سطح معناداری
تراکم خودرو در هر متر از طول معبر	۷–۹	۰/۱۰۶	۰/۲۰۰
	۱۱–۱۳	۰/۰۷۳	۰/۲۰۰
	۱۶–۱۸	۰/۰۸۱	۰/۲۰۰
	۱۹–۲۱	۰/۰۶۹	۰/۲۰۰
	کل	۰/۰۵۲	۰/۲۰۰
نسبت طول مقطع به طول خودرو	۷–۹	۰/۰۳۷	۰/۲۰۰
	۱۱–۱۳	۰/۱۱۹	۰/۰۶۵
	۱۶–۱۸	۰/۰۸۹	۰/۲۰۰
	۱۹–۲۱	۰/۱۰۹	۰/۱۸۵
	کل	۰/۰۸٤	۰/۲۰۰
مدت زمان عبور خودرو	۷–۹	۰/۱۲۱	۰/۰٦۱
	۱۱–۱۳	۰/۰۸٦	۰/۲۰۰
	۱۶–۱۸	۰/۰۹۹	۰/۲۰۰
	۱۹–۲۱	۰/۰۸۹	۰/۲۰۰
	کل	۰/۰۵۸	۰/۰۹۵
سرعت خودروها	۷–۹	۰/۰٦۰	۰/۲۰۰
	۱۱–۱۳	۰/۱۰۵	۰/۲۰۰
	۱۶–۱۸	۰/۰۷۵	۰/۲۰۰
	۱۹–۲۱	۰/۰۸۲	۰/۲۰۰
	کل	۰/۰۵۹	۰/۰۷۸
تعداد عبور خودرو	۷–۹	۰/۱۷٤	۰/۰٦۱
	۱۱–۱۳	۰/۱۰٤	۰/۲۰۰
	۱۶–۱۸	۰/۰۷۰	۰/۲۰۰
	۱۹–۲۱	۰/۰٦۳	۰/۲۰۰
	کل	۰/۰۷۷	۰/۰٦۵

آزمون فرضیه اول

فرضیه اول. نسبت طول مقطع به طول خودرو بر تراکم خودرو در هر متر از طول معبر تأثیر معناداری دارد.

با توجه به نرمال بودن متغیرهای نسبت طول مقطع به طول خودرو و تراکم خودرو در هر متر از طول معبر در زمان‌های صبح، ظهر، بعد از ظهر و شب، به‌مظور آزمون فرضیه اول می‌توان از آزمون هم‌بستگی پیرسون استفاده کرد. نتایج آزمون هم‌بستگی پیرسون در جدول (۳) آورده شده‌است. ضریب هم‌بستگی بین نسبت طول مقطع به‌طول خودرو و تراکم خودرو در هر متر از طول معبر در ساعات ۷–۹، ۱۱–۱۳، ۱۶–۱۸ و ۱۹–۲۱، زمان کل به‌ترتیب برابر با ۰/۲۹۳، ۰/۵۰۱، ۰/٦۷۱، ۰/٦٤٦ و ۰/٦۲۲ و سطح معناداری تمامی آزمون‌ها کمتر از ۰/۰۵ است، می‌توان نتیجه گرفت که هم‌بستگی بین متغیر نسبت طول مقطع به طول خودرو و تراکم خودرو در هر متر از طول معبر معنادار است. بنابراین فرض H_0 در آزمون هم‌بستگی رد می‌شود و می‌توان گفت که رابطه بین نسبت طول مقطع به طول خودرو و تراکم خودرو در هر متر از طول معبر، معنادار است و فرضیه اول تأیید می‌گردد.

جدول ۳ نتایج آزمون هم‌بستگی فرضیه اول

متغیر	زمان	تراکم خودرو در هر متر از طول معبر		
		ضریب هم‌بستگی	سطح معنی داری	نتیجه آزمون
بین نسبت طول مقطع به طول خودرو	۷–۹	۰/۲۹۳	۰/۰۳۷	رد H_0
	۱۱–۱۳	۰/۵۰۱	۰/۰۰۰	رد H_0
	۱۶–۱۸	۰/٦۷۱	۰/۰۰۰	رد H_0
	۱۹–۲۱	۰/٦٤٦	۰/۰۰۰	رد H_0
	کل	۰/٦۲۲	۰/۰۰	رد H_0

آزمون فرضیه دوم

فرضیه دوم. مدت زمان عبور خودرو بر تراکم خودرو در هر متر از طول معبر تأثیر معناداری دارد.

با توجه به نرمال بودن متغیر مدت زمان عبور خودرو و تراکم خودرو در هر متر از طول معبر در زمان‌های صبح، ظهر، بعد از ظهر و شب، به‌منظور آزمون فرضیه دوم می‌توان از آزمون هم‌بستگی پیرسون استفاده کرد. نتایج آزمون هم‌بستگی پیرسون در جدول (٤) آورده شده‌است. ضریب هم‌بستگی بین مدت زمان عبور خودرو و تراکم خودرو در

هر متر از طول معبر در ساعات ۷-۹، ۱۱-۱۳، ۱۶-۱۸ و ۲۱-۱۹، زمان کل به‌ترتیب برابر با ۰/۴۸۰، ۰/۵۶۰، ۰/۷۱۳، ۰/۷۰۵ و ۰/۶۵۳ و سطح معناداری تمامی آزمون ها کمتر از با ۰/۰۵ است، می‌توان نتیجه گرفت که هم‌بستگی بین متغیر مدت زمان عبور خودرو و تراکم خودرو در هر متر از طول معبر معنادار است. بنابراین فرض H_0 در آزمون هم‌بستگی رد می‌شود و می توان گفت که رابطه بین مدت زمان عبور خودرو و تراکم خودرو در هر متر از طول معبر، معنادار است و فرضیه دوم تأیید می‌گردد.

جدول ٤ نتایج آزمون هم‌بستگی فرضیه دوم

متغیر	زمان	تراکم خودرو در هر متر از طول معبر		
		ضریب هم‌بستگی	سطح معنی داری	نتیجه آزمون
مدت زمان عبور خودرو	۷-۹	۰/۴۸۰	۰/۰۰۶	رد H_0
	۱۳-۱۱	۰/۵۶۰	۰/۰۰۰	رد H_0
	۱۸-۱٦	۰/۷۱۳	۰/۰۰۰	رد H_0
	۲۱-۱۹	۰/۷۰۵	۰/۰۰۰	رد H_0
	کل	۰/۶۵۳	۰/۰۰	رد H_0

آزمون فرضیه سوم

فرضیه سوم. سرعت خودرو بر تراکم خودرو در هر متر از طول معبر تأثیر معناداری دارد.

با توجه به نرمال نبودن متغیرهای سرعت خودرو و تراکم خودرو در هر متر از طول معبر در زمان‌های صبح، ظهر، بعد از ظهر و شب، به‌منظور آزمون فرضیه سوم می‌توان از آزمون هم‌بستگی پیرسون استفاده کرد. نتایج آزمون هم‌بستگی پیرسون در جدول (۵) آورده شده‌است. ضریب هم‌بستگی بین سرعت خودرو و تراکم خودرو در هر متر از طول معبر در ساعات ۷-۹، ۱۱-۱۳، ۱٦-۱۸ و ۱۹-۲۱، زمان کل به‌ترتیب برابر با ۰/٦۳۵، ۰/٤۹۷، ۰/٤۳۹، ۰/٦۱۷ و ۰/٦۷۱ و سطح معناداری تمامی آزمون‌ها کمتر از ۰/۰۵ است، می‌توان نتیجه گرفت که هم‌بستگی بین متغیر سرعت خودرو و تراکم خودرو در هر متر از طول معبر معنادار است. بنابراین فرض H_0 در آزمون هم‌بستگی رد می‌شود و می‌توان گفت که رابطه بین سرعت خودروها و تراکم خودرو در هر متر از طول معبر، معنادار است و فرضیه سوم تأیید می‌گردد.

جدول ۵. نتایج آزمون هم‌بستگی فرضیه سوم

متغیر	زمان	تراکم خودرو در هر متر از طول معبر		
		ضریب هم‌بستگی	سطح معنی داری	نتیجه آزمون
سرعت خودرو	۷-۹	۰/٦۳۵	۰/۰۰۰	رد H_0
	۱۳-۱۱	۰/٤۹۷	۰/۰۰۰	رد H_0
	۱۸-۱٦	۰/٤۳۹	۰/۰۰۰	رد H_0
	۲۱-۱۹	۰/٦۱۷	۰/۰۰۰	رد H_0
	کل	۰/٦۷۱	۰/۰۰	رد H_0

آزمون فرضیه چهارم

فرضیه چهارم. تعداد عبور خودروها بر تراکم خودرو در هر متر از طول معبر تأثیر معنا داری دارد.

با توجه به نرمال بودن متغیرهای تعداد عبور خودروها و تراکم خودرو در هر متر از طول معبر در زمان‌های صبح، ظهر، بعد از ظهر و شب، جهت آزمون فرضیه چهارم می‌توان از آزمون هم‌بستگی پیرسون استفاده کرد. نتایج آزمون هم‌بستگی پیرسون در جدول (٦) آورده شده‌است. ضریب هم‌بستگی بین تعداد عبور خودروها و تراکم خودرو در هر متر از طول معبر در ساعات ۷-۹، ۱۱-۱۳، ۱٦-۱۸ و ۱۹-۲۱، زمان کل به‌ترتیب برابر با ۰/٤۳۸، ۰/۳۲۷، ۰/٦۵۸، ۰/۷۲۸ و ۰/٥٤۳ و سطح معناداری تمامی آزمون‌ها کمتر از ۰/۰۵ است، می‌توان نتیجه گرفت که هم‌بستگی بین متغیر تعداد عبور خودروها و تراکم خودرو در هر متر از طول معبر معنادار است. بنابراین فرض H_0 در آزمون هم‌بستگی رد می‌شود و می‌توان گفت که رابطه بین تعداد عبور خودروها و تراکم خودرو در هر متر از طول معبر، معنادار است و فرضیه چهارم تأیید می‌گردد.

جدول ٦ نتایج آزمون همبستگی فرضیه چهارم

متغیر	زمان	تراکم خودرو در هر متر از طول معبر		
		ضریب همبستگی	سطح معنی داری	نتیجه آزمون
تعداد عبور خودرو	۷-۹	۰/٤۳۸	۰/۰۰۱	رد H_0
	۱۱-۱۳	۰/۳۲۷	۰/۰۱۹	رد H_0
	۱٦-۱۸	۰/٦٥۸	۰/۰۰۰	رد H_0
	۱۹-۲۱	۰/۷۲۸	۰/۰۰۰	رد H_0
	کل	۰/٥٤۳	۰/۰۰	رد H_0

تحلیل رگرسیونی خطی چندمتغیره

به‌منظور بررسی تأثیر هم‌زمان متغیرهای نسبت طول مقطع به طول خودرو، مدت زمان عبور خودرو، سرعت خودروها و تعداد عبور خودروها بر روی تراکم خودرو در هر متر از طول معبر و نیز پیش‌بینی تراکم خودرو در هر متر از طول معبر در زمان‌های مختلف از طریق این متغیرهای مستقل، از تحلیل رگرسیونی چند متغیره استفاده شده‌است. در این مدل نسبت طول مقطع به طول خودرو، مدت زمان عبور خودرو، سرعت خودروها و تعداد عبور خودروها متغیرهای مستقل می‌باشد. مدل رگرسیون خطی مورد استفاده به‌صورت زیر است:

$$\text{خودرو تراکم} = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_4 x_4 + \varepsilon$$

که در این رابطه:

نسبت طول مقطع به طول خودرو: x_1

مدت زمان عبور خودرو: x_2

سرعت خودروها: x_3

تعداد عبور خودروها: x_4

در این مدل، β_iها ($i = 0,1,2,3,4$)، ضرایب رگرسیونی مدل هستند که براورد خواهند شد. ε خطای تصادفی است که برای کامل شدن مدل و نشان دادن این‌که خطا نیز تا حدی وجود دارد، در نظر گرفته می‌شود لازم به ذکر است که میزان اعتبار مدل رگرسیون خطی، به برقراری پیش‌فرض‌های رگرسیون برای براورد مدل بستگی دارد. مهم‌ترین این پیش‌فرض‌ها عبارتند از نرمال بودن متغیر وابسته، عدم خودهم‌بستگی باقی‌مانده‌ها و عدم وابستگی متغیرهای مستقل به‌هم، که برقراری هرکدام از پیش‌فرض‌های ذکر شده، از طریق آزمون‌های به‌ترتیب کلموگروف- اسمیرنف، آزمون دوربین- واتسون و آزمون عامل تورم واریانس(VIF)، بررسی می‌شود. نرمال بودن متغیر وابسته تراکم خودرو در هر متر از طول معبر ثابت شده‌است. بنابراین پیش فرض نرمال بودن متغیر وابسته در این مدل رگرسیونی برقرار است.

نتایج تحلیل رگرسیونی مدل پژوهش در جدول (۷) آورده شده‌است. در ساعت ۷-۹ مقدار آماره دوربین-واتسون برابر با ۱/۷۲۷ بوده که حاکی از نبود مشکل خودهم‌بستگی است. سطح معناداری آزمون برابر با ۰/۰۰۰ است که این مقدار کمتر از ۰/۰٥ می‌باشد، بنابراین فرض H_0 مبنی بر مناسب نبودن مدل رگرسیونی در سطح اطمینان ۹٥ درصد، رد می‌شود. در نتیجه مدل رگرسیونی مناسب است، بنابراین تأثیرگذاری متغیرهای مستقل بر متغیر وابسته تراکم خودرو در هر متر از طول معبر پذیرفته می‌شود. ضریب تعیین در این مدل برابر با ۰/۷۳٦ است که حاکی از آن است که تقریباً ۷٤ درصد از تغییرات متغیر وابسته تراکم خودرو در هر متر از طول معبر توسط نسبت طول مقطع به طول خودرو، مدت زمان عبور خودرو، سرعت خودروها و تعداد عبور خودروها، قابل توضیح است.

در ساعت ۱۱-۱۳ مقدار آماره دوربین- واتسون برابر با ۲/۲۳۷ بوده که حاکی از نبود مشکل خودهم‌بستگی است. سطح معناداری آزمون برابر با ۰/۰۰۰ است که این مقدار کمتر از ۰/۰٥ می‌باشد، بنابراین فرض H_0 مبنی بر مناسب نبودن مدل رگرسیونی در سطح اطمینان ۹٥ درصد، رد می‌شود. در نتیجه مدل رگرسیونی مناسب است، بنابراین تأثیرگذاری متغیرهای مستقل بر متغیر وابسته تراکم خودرو در هر متر از طول معبر پذیرفته می‌شود. ضریب تعیین در این مدل برابر با ۰/۸٦٦ است که حاکی از آن است که تقریباً ۸۷ درصد از تغییرات متغیر وابسته تراکم خودرو در هر متر از طول معبر توسط نسبت طول مقطع به طول خودرو، مدت زمان عبور خودرو، سرعت خودروها و تعداد عبور خودروها، قابل توضیح است.

جدول ۷ آزمون معناداری ضرایب در مدل رگرسیونی

بازه زمانی	متغیر	ضریب غیراستاندارد	ضریب استاندارد	آماره t	سطح معناداری	VIF
۷–۹	ثابت(عرض از مبدأ)	۰/۱٥۸	–	۰/۷٤۷	۰/٤٥۹	–
	نسبت طول مقطع به طول خودرو	۰/۱٤۳	۰/۱٥۸	۲/٤٥٥	۰/۰۲۲	٤/۲۳٤
	مدت زمان عبور خودرو	۰/۱۲۳	۰/۲۷۹	۲/٥٥٦	۰/۰۱٤	۲/٦۳٤
	سرعت خودروها	۰/۱۸۹	۰/٦٤۲	٤/۹۲۸	۰/۰۰۰	۳/۳٤۱
	تعداد عبور خودروها	۰/۱۱۱	۰/۱۲۰	۲/۱٥۱	۰/۰۱۸	۳/۸٥۹
	ضریب تعیین	۰/۷۳٦		آماره F	۱۳/٥٦٥	
	آماره دوربین واتسون	۱/۷۲۷		سطح معنی‌داری	۰/۰۰۰	
۱۱–۱۳	ثابت(عرض از مبدأ)	۰/۲۷۱	–	–	۰/۱۷٤	–
	نسبت طول مقطع به طول خودرو	۰/۲۲٥	۰/۱۳۱	۰/۱۳۱	۰/۰۲٥	٤/۱۲۷
	مدت زمان عبور خودرو	۰/۳٦۱	۰/۲٤۹	۰/۲٤۹	۰/۰۰۰	۳/٤٦۳
	سرعت خودروها	۰/۱۱٦	۰/۱٤٥	۰/۱٤٥	۰/۰۳٤	٤/٦۹۳
	تعداد عبور خودروها	۰/۱۹۳	۰/۱۹٥	۰/۱۹٥	۰/۰۲۳	۳/٤۹۸
	ضریب تعیین	۰/۸٦٦		آماره F	۳٤/٤۱۹	
	آماره دوربین واتسون	۲/۲۳۷		سطح معنی‌داری	۰/۰۰۰	
۱٦–۱۸	ثابت(عرض از مبدأ)	۰/۳۷۹	–	۳/٥۷۰	۰/۰۰۱	–
	نسبت طول مقطع به طول خودرو	۰/۱۳۳	۰/۱۳٥	۳/۲۳۰	۰/۰۱۹	۲/۳۸٤
	مدت زمان عبور خودرو	۰/۱۸۸	۰/۱۸۰	۲/۱٥۱	۰/۰۰٦	۳/۲٤۹
	سرعت خودروها	۰/۱۱٤	۰/۷٥٥	۱۱/۸٦۲	۰/۰۰۰	۲/۲۸۷
	تعداد عبور خودروها	۰/۱۲۸	۰/۱٤۹	۲/۷٦۸	۰/۰۰۸	۳/٤۹٦
	ضریب تعیین	۰/۹٥٦		آماره F	۱۲۰/۷٤۳	
	آماره دوربین واتسون	۱/۹۲۲		سطح معنی‌داری	۰/۰۰۰	
۱۹–۲۱	ثابت(عرض از مبدأ)	۰/۷۷۰	–	٤/۷۸۸	۰/۰۰۰	–
	نسبت طول مقطع به طول خودرو	۰/۳۰٦	۰/۳۱۳	٤/۰۳۳	۰/۰۰۰	۲/۳۲۸
	مدت زمان عبور خودرو	۰/۱۲۷	۰/۲۷۰	۲/۹۸٥	۰/۰۰٥	۳/۱٤٥
	سرعت خودروها	۰/۰۳٦	۰/۲٦۳	۳/۳۸۰	۰/۰۰۱	۲/٥۲٤
	تعداد عبور خودروها	۰/۲٦۹	۰/۳۱۹	۳/٥۰٦	۰/۰۰۱	۲/۳۱۷
	ضریب تعیین	۰/۸۸۷		آماره F	٤۲/٥۹۲	
	آماره دوربین واتسون	۲/۱۷۸		سطح معنی‌داری	۰/۰۰۰	
کل شبانه روز	ثابت(عرض از مبدأ)	۰/٤٥٤	–	٥/۱۱۷	۰/۰۰۰	–
	نسبت طول مقطع به طول خودرو	۰/۱۷۲	۰/۱۹۱	۳/۱٥۳	۰/۰۰۲	٤/٥۲٤
	مدت زمان عبور خودرو	۰/۱۳۲	۰/۲۹۲	٤/۷۸۷	۰/۰۰۰	۲/۲۸۹
	سرعت خودروها	۰/۱٥۳	۰/۳۷۹	۸/۰٥۲	۰/۰۰۰	۳/٥٦۳
	تعداد عبور خودروها	۰/۱۸۰	۰/۲۲۸	٥/۰۷۲	۰/۰۰۰	۳/٤۱۲
	ضریب تعیین	۰/۸۲۹		آماره F	۱۰۹/۳۷٤	
	آماره دوربین واتسون	۱/۸۲٦		سطح معنی‌داری	۰/۰۰۰	

در ساعت ۱۶–۱۸ مقدار آماره دوربین- واتسون برابر با ۱/۹۲۲ بوده که حاکی از نبود مشکل خودهم‌بستگی است. سطح معناداری آزمون برابر با ۰/۰۰۰ است که این مقدار کمتر از ۰/۰۵ می‌باشد، بنابراین فرض H_0 مبنی بر مناسب نبودن مدل رگرسیونی در سطح اطمینان ۹۵ درصد، رد می‌شود. در نتیجه مدل رگرسیونی مناسب است، بنابراین تأثیرگذاری متغیرهای مستقل بر متغیر وابسته تراکم خودرو در هر متر از طول معبر پذیرفته می‌شود. ضریب تعیین در این مدل برابر با ۰/۹۵۶ است که حاکی از آن است که تقریباً ۹۶ درصد از تغییرات متغیر وابسته تراکم خودرو در هر متر از طول معبر توسط نسبت طول مقطع به طول خودرو، مدت زمان عبور خودرو، سرعت خودروها و تعداد عبور خودروها، قابل توضیح است.

در ساعت ۱۹–۲۱ مقدار آماره دوربین- واتسون برابر با ۲/۱۷۸ بوده که حاکی از نبود مشکل خودهم‌بستگی است. سطح معناداری آزمون برابر با ۰/۰۰۰ است که این مقدار کمتر از ۰/۰۵ می‌باشد، بنابراین فرض H_0 مبنی بر مناسب نبودن مدل رگرسیونی در سطح اطمینان ۹۵ درصد، رد می‌شود. در نتیجه مدل رگرسیونی مناسب است، بنابراین تأثیرگذاری متغیرهای مستقل بر متغیر وابسته تراکم خودرو در هر متر از طول معبر پذیرفته می‌شود. ضریب تعیین در این مدل برابر با ۰/۸۸۷ است که حاکی از آن است که تقریباً ۸۹ درصد از تغییرات متغیر وابسته تراکم خودرو در هر متر از طول معبر توسط نسبت طول مقطع به طول خودرو، مدت زمان عبور خودرو، سرعت خودروها و تعداد عبور خودروها، قابل توضیح است.

مدل رگرسیون خطی مورد استفاده به‌صورت زیر است:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4$$

که در این رابطه:

Y: تراکم خودرو در هر متر از طول معبر (متغیر وابسته)

X_1: نسبت نسبت طول مقطع به طول خودرو (متغیر مستقل)

X_2: مدت زمان عبور خودرو بر حسب ثانیه (متغیر مستقل)

X_3: سرعت خودروها بر حسب کیلومتر بر ثانیه (متغیر مستقل)

X_4: تعداد عبور خودروها (متغیر مستقل)

براساس مدل‌سازی انجام‌شده در هر یک از ساعت‌های تحلیل شده نتایج مدل رگرسیون به شرح زیر است:

ساعت ۷–۹ :

$$Y = 0.143 X_1 + 0.123 X_2 + 0.189 X_3 + 0.111 X_4$$

ساعت ۱۱–۱۳ :

$$Y = 0.225 X_1 + 0.361 X_2 + 0.116 X_3 + 0.193 X_4$$

ساعت ۱۶–۱۸

$$Y = 0.379 + 0.133 X_1 + 0.188 X_2 + 0.114 X_3 + 0.128 X_4$$

ساعت ۱۹–۲۱

$$Y = 0.770 + 0.306 X_1 + 0.127 X_2 + 0.336 X_3 + 0.269 X_4$$

کل شبانه روز

$$Y = 0.454 + 0.172 X_1 + 0.132 X_2 + 0.053 X_3 + 0.180 X_4$$

بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش به بررسی مطالعه اثرات خودروها بر تراکم ترافیک در بزرگراه همت شهر تهران پرداخته شده‌است. برای این کار جزئیات تردد خودروها در بزرگراه همت در زمان‌های مختلف از طریق فیلم‌برداری برداشت شده‌است. پس از پردازش داده‌ها توسط ابزارها و نرم افزارهای آماری، نتایج زیر حاصل شدند که می‌توانند نشان‌دهنده پاسخ‌های مناسب برای سؤالات مطرح شده در تحقیق باشند. نتایج تحقیق نشان داد:

فرضیه اول: نسبت طول مقطع به طول خودرو بر تراکم خودرو در هر متر از طول معبر تأثیر معناداری دارد. بر اساس تحلیل‌های انجام‌شده می‌توان گفت که رابطه بین نسبت طول مقطع به طول خودرو و تراکم خودرو در هر متر از طول معبر، معنادار است و فرضیه اول تأیید می‌گردد.

فرضیه دوم: مدت زمان عبور خودرو بر تراکم خودرو در هر متر از طول معبر تأثیر معناداری دارد. براساس تحلیل‌های انجام‌شده می‌توان گفت که رابطه بین مدت زمان عبور خودرو و تراکم خودرو در هر متر از طول معبر، معنادار است و

فرضیه دوم تأیید می‌گردد.

فرضیه سوم: سرعت خودرو بر تراکم خودرو در هر متر از طول معبر تأثیر معناداری دارد. بر اساس تحلیل‌های انجام‌شده می‌توان گفت که رابطه بین سرعت خودروها و تراکم خودرو در هر متر از طول معبر، معنادار است و فرضیه سوم تأیید می‌گردد.

فرضیه چهارم: تعداد عبور خودروها بر تراکم خودرو در هر متر از طول معبر تأثیر معناداری دارد. براساس تحلیل‌های انجام‌شده می‌توان گفت که رابطه بین تعداد عبور خودروها و تراکم خودرو در هر متر از طول معبر، معنادار است و فرضیه چهارم تأیید می‌گردد.

همچنین به‌منظور بررسی تأثیر هم‌زمان متغیرهای نسبت طول مقطع به طول خودرو، مدت زمان عبور خودرو، سرعت خودروها و تعداد عبور خودروها بر روی تراکم خودرو در هر متر از طول معبر و نیز پیش‌بینی تراکم خودرو در هر متر از طول معبر در زمان‌های مختلف از طریق این متغیرهای مستقل، از تحلیل رگرسیونی چندمتغیره استفاده شده‌است که نتایج در بخش قبلی ارائه شده‌است.

مراجع

1. Rohani, A, “Challenges and perspectives of the country's road and traffic safety”, *Police Human Development*, Vol.6 , No. 22, (2009), (In persian).
2. Tavasoli, G, “Urban sociology”, Tehran, Payam Noor University publication. Inc, Tehran, (2014), (In Persian).
3. Tashakori, S.J, “Statistical yearbook of transportation and traffic of Tehran city”, Transportation and Traffic Organization of Tehran, (2014), (In Persian).
4. Hamidi, M., Firozeh, J., “Providing a model for the integrated management of transportation and urban traffic in Bojnord”, *The fifth international conference on new perspectives in management, Accounting and entrepreneurship*, Tehran, (2021), (In Persian).
5. Armin, M., “Strategies for organizing traffic and urban transportation planning (case study of Al Ashtar city)”, *The fifth international conference on modern studies of civil engineering, architecture, urban planning and environment in the 21st century*, Tehran, (2021), (In persian).
6. Sayafzadeh, A., Poladvand, A, “Highway development and their role in reducing population density in central cities”, *Green Architecture*, Vol. 4, No. 13, (2018), (In Persian).
7. - Gao, J., Xie, K., & Ozbay, K., "Exploring the Spatial Dependence and Selection Bias of Double-Parking Citations Data", *Transportation Research Record*, Vol. 2672, No. 42, pp.159-169, (2018).
8. - Carbonell, M., Cacheda, C., Magín, J., "Effect of illegal on street parking on travel times in urban environment", *16th IEEE International Conference on Computer and Information Technology*, Shanghai, (2016).
9. Yang, Z., Zhang, Y, Zhu, R., Ye X., Jiang, X, "Impacts of Pedestrians on Capacity and Delay of Major Street Through Traffic at Two-Way Stop-Controlled Intersections", *Mathematical Problems in Engineering*, vol. 2015, Article ID 383121, pp.1-11, (2015).

10. - Albalate, D., Fageda, X., "Congestion, road safety, and the effectiveness of public plicies in urban areas", *Sustainability*, Vol. 11, No. 18, (2019).
11. - Liu, X., li, X., "Research on Traffic Congestion Based on System Dynamics: The Case of Chongqing, China", *Hindawi*, Vol. 2020, pp. 1-13, (2020).
12. - Nian, G., Sun, J., Huang, J, "Exploring the effects of urban built environment on road travel speed variability with a spatial panel data model", *International journal of Geo- information*, Vol. 10, no. 829, (2021).